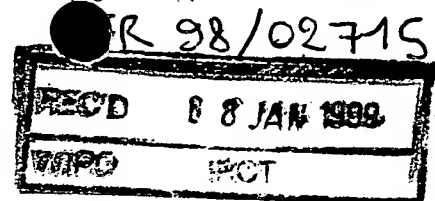


**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)EATU  
09/581398**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **09 DEC. 1998**Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE****SIEGE**26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES 15/12/97

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 97 15888 -

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75

DATE DE DÉPÔT 15/12/97

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

CABINET REGIMBEAU  
26, Avenue Kléber  
75116 PARIS

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande  
de brevet européen

☐ demande initiale

☐ brevet d'invention

n° du pouvoir permanent

références du correspondant

téléphone

236596 D17112 SM

01 45 00 92 02

☐ certificat d'utilité n°

date

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

Procédé de préparation par filtration d'une solution de facteur VIII sécurisée viralemment

3 DEMANDEUR (S)

n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

LABORATOIRE FRANCAIS DU FRACTIONNEMENT ET DES BIOTECHNOLOGIES

Forme juridique

GROUPEMENT D'INTERET PUBLIC

Nationalité (s)

Française

Adresse (s) complète (s)

Pays

Zone d'activité de Courtaboeuf - 3, avenue des Tropiques 91940 LES ULIS

FR

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS

antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

*etf*



# BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

## DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

### DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

37 15888

**TITRE DE L'INVENTION :** Procédé de préparation par filtration d'une solution de facteur VIII sécurisée viralement

### LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

**LABORATOIRE FRANCAIS DU FRACTIONNEMENT ET DES BIOTECHNOLOGIES**  
Zone d'activité de Courtaboeuf - 3, avenue des Tropiques 91940  
LES ULIS

**DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S)** (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

**CHTOUROU Abdessatar (Sami)**  
20, avenue du Château  
78990 Elancourt, FR

**NOGRE Michel**  
22, rue Georges Clémenceau  
92170 Vanves, FR

**PORTE Pierre**  
21, rue des Genêts  
91250 Saint Germain les  
Corbeil, FR

**NOTA :** A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

15 décembre 1997

*[Signature]*  
arns3

CABINET REGIMBEAU

PROCEDE DE PREPARATION PAR FILTRATION  
D'UNE SOLUTION DE FACTEUR VIII SECURISEE VIRALEMENT

La présente invention concerne un procédé de préparation  
5 par filtration d'une solution de facteur VIII sécurisée  
viralement et essentiellement dépourvue de facteur von  
Willebrand (vWF) de haut poids moléculaire, à partir d'une  
solution de facteur VIII de haute ou très haute pureté et  
contenant ou essentiellement dépourvue de complexes de haut  
10 poids moléculaire facteur VIII-vWF.

Le facteur VIII est un composant protéique du sang utilisé  
depuis de nombreuses années pour le traitement d'individus  
souffrant d'hémophilie A, une maladie congénitale causée par une  
déficience ou une absence de facteur VIII dans le sang. On a  
15 utilisé pendant longtemps des concentrés plasmatiques enrichis  
en facteur VIII pour le traitement des patients.

Les concentrés les plus couramment utilisés étaient le  
cryoprécipité et les concentrés purifiés obtenus à partir du  
cryoprécipité. On appelle usuellement cryoprécipité, un  
20 précipité obtenu à partir d'un plasma humain congelé par une  
technique de fractionnement plasmatique à basse température. Le  
plasma congelé est ramolli à une température d'environ  $-5^{\circ}\text{C}$  à  
 $-15^{\circ}\text{C}$  puis réchauffé lentement sous agitation à une température  
qui ne dépasse pas  $3^{\circ}\text{C}$ . Dans ces conditions, le plasma gelé fond  
25 partiellement pour donner une phase liquide et une phase solide,  
la phase solide étant alors récupérée par centrifugation pour  
donner le cryoprécipité, qu'il convient alors de purifier pour  
obtenir des préparations de facteur VIII suffisamment pures.  
Cette fraction cryoprécipitée est composée essentiellement de  
30 fibronogène, fibronectine, facteur VIII et facteur Von  
Willebrand (vWF).

Dans cette fraction cryoprécipitée, le facteur VIII est  
généralement associé au vWF qui stabilise le facteur VIII par  
complexation.

Pendant longtemps, les étapes de purification visèrent essentiellement à séparer du facteur VIII, des protéines indésirables telles que notamment le fibrinogène et la fibronectine.

5        Toutefois, on sait maintenant qu'un des problèmes essentiels liés à la préparation du facteur VIII à partir du plasma, réside dans la nécessité d'inactiver/d'éliminer des virus originellement contenus dans le sang avec des rendements satisfaisants.

10       Bien qu'il soit difficile d'établir une liste exhaustive de ces virus, on peut citer en particulier les différents virus hépatiques, hépatite A, hépatite B, hépatite C, hépatite G ou encore, les différentes formes du virus du Sida (VIH).

15       De nombreuses techniques d'inactivation virale ont ainsi été développées telles que le chauffage à sec, la pasteurisation, le traitement solvant-détergent. L'ensemble de ces techniques est relativement efficace vis à vis des virus enveloppés mais l'inactivation ou l'élimination des virus nus, notamment des petits virus tels que le parvovirus B19 ou le virus de l'hépatite A, reste l'un des problèmes majeurs.

20       Des technologies plus récentes utilisent les capacités de rétention virale de membranes de faible taille de pores. Ces technologies présentent effectivement une efficacité notable vis à vis de virus de petite taille tels que les parvovirus B19 ou le virus de l'hépatite A et peuvent être appliquées à des protéines de faible poids moléculaire. Cependant, les seuils de coupure utilisés, qui sont inférieurs à 900 kD, ne permettent pas d'envisager la filtration de protéines ou complexes protéiques de haut poids moléculaire comme le facteur VIII sans

25       perte majeure de rendement.

30       Ainsi par exemple, la publication de brevet WO96/00237 décrit une méthode pour améliorer la filtrabilité des protéines dans une solution contenant au moins une macromolécule, qui consiste à utiliser une solution dans laquelle la teneur totale

en sel varie de 0.2 M à saturation de la solution avec le sel concerné. Cette forte teneur en sel a pour effet d'augmenter les rendements de filtration. De préférence, l'étape de filtration est mise en oeuvre à un stade où l'activité spécifique de la macromolécule d'intérêt est déjà très élevée, de sorte qu'il est possible d'utiliser un filtre à structure très fine et d'éliminer des virus très petits.

Cependant, ce document n'envisage absolument pas la filtration de solutions contenant des molécules de très haut poids moléculaire telles que le facteur VIII, et notamment le facteur VIII d'origine plasmatique, lequel est généralement associé à du vWF, formant ainsi des complexes de haut poids moléculaire. Ce document cite l'exemple d'une forme délétée du facteur VIII recombinant avec un poids moléculaire moyen de l'ordre de 170 kD et totalement dépourvu en vWF. Tous les exemples portent sur le facteur IX dont le poids moléculaire moyen est de l'ordre de 55 kD, et ce document souligne que la méthode décrite est particulièrement adaptée à cette taille de molécule, le seuil de coupure du filtre devant par ailleurs être légèrement plus élevé que la taille de la molécule à filtrer. Ainsi, pour le facteur IX, le filtre utilisé a un seuil de coupure de 70 kD.

Or, comme indiqué précédemment, le facteur VIII, selon son origine, peut se présenter sous une forme complexée qui lui donne une taille significative, laquelle peut atteindre 20 000 kD en termes de poids moléculaire et plusieurs dizaines de nanomètres en terme de taille particulaire (> 106 nm pour l'axe principal de la molécule, Eppel et al., Langmuir 1993, 9, 2281-88, American Chemical Society). Aucun moyen n'est disponible actuellement pour filtrer de façon satisfaisante, ce type de molécules et simultanément éliminer des virus de petite taille tels que par exemple les Parvovirus B19 qui ont une taille de l'ordre de 18 à 20 nm.

Les inventeurs ont maintenant trouvé de façon surprenante qu'il était possible d'obtenir par filtration une solution de facteur VIII sécurisée viralement et essentiellement dépourvue de vWF de haut poids moléculaire, à partir d'une solution  
5 contenant du facteur VIII de haute ou très haute pureté contenant ou essentiellement dépourvue de complexes de haut poids moléculaire facteur VIII-vWF.

C'est pourquoi l'invention a pour objet un procédé de préparation par filtration d'une solution de facteur VIII  
10 sécurisée viralement et essentiellement dépourvue de vWF de haut poids moléculaire, selon lequel :

- on prépare une solution contenant du facteur VIII de haute ou très haute pureté contenant ou essentiellement dépourvue de complexes de haut poids moléculaire facteur VIII-  
15 vWF ;

- on met en oeuvre de façon optionnelle, une étape a) permettant, si nécessaire, la dissociation des complexes de haut poids moléculaire facteur VIII-vWF et l'obtention d'une solution essentiellement dépourvue de facteur VIII associé à du vWF de  
20 haut poids moléculaire ;

- on met en oeuvre une étape b) de filtration de ladite solution essentiellement dépourvue de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire sur un filtre hydrophile ayant une porosité aussi faible que 15nm.

25 La préparation par filtration d'une solution de FVIII permet avantageusement d'obtenir une solution essentiellement dépourvue de vWF de haut poids moléculaire, notamment de vWF ayant un degré de polymérisation supérieur ou égal à 15, c'est-à-dire dans laquelle le vWF est contrôlé à la fois  
30 qualitativement et quantitativement. Le procédé selon l'invention permet également d'augmenter significativement les rendements de filtration grâce à la diminution de la quantité de complexes protéiques de haut poids moléculaire, et d'obtenir une solution ayant un degré de pureté satisfaisant tout en assurant



l'élimination virale des virus pathogènes humains de taille  $\geq 15\text{nm}$ .

L'étape a) permettant la dissociation d'un complexe de haut poids moléculaire facteur VIII-vWF, est nécessaire ou pas selon  
5 l'origine et le mode de préparation de la solution de facteur VIII de départ, qui conditionnent la présence ou non de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire dans la solution de départ.

La dissociation du complexe FVIII-vWF est obtenue au moyen  
10 d'au moins un ion chaotropique présent en quantité suffisante pour permettre la dissociation. Tous les ions connus pour avoir une activité chaotropique sont utilisables.

Il s'agira de préférence d'ions divalents apportés à la solution de facteur VIII sous forme d'une solution saline de  
15 0,2M à saturation des sels.

On peut citer à titre d'exemple non limitatif,  $\text{CaCl}_2$ , ou encore  $\text{MgCl}_2$ . On utilisera de préférence une solution de  $\text{CaCl}_2$ . La concentration de la solution sera de préférence environ 0.35M.

On a constaté que, outre les conditions propres à la  
20 filtration, les conditions utilisées pour la dissociation ont une influence sur le rendement de la filtration ultérieure. Les paramètres qui définissent l'ensemble de ces conditions sont, lors de l'étape de dissociation, la nature des sels et leur  
25 concentration, et lors de l'étape de filtration, la pression et la température.

De façon surprenante, les rendements de filtration sont considérablement améliorés lorsque la pression transmembranaire lors de la filtration est abaissée à des valeurs très faibles,  
30 en deçà des seuils de recommandations préconisés par le fournisseur de filtres.

La température exerce aussi une influence non négligeable sur les rendements de filtration, des valeurs trop fortes ou trop faibles de la température ayant pour effet d'augmenter le

nombre des formes multimères du vWF. Avantageusement, on choisira une température de l'ordre de  $35 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Parmi les filtres à virus disponibles sur le marché ou en cours de développement, on peut citer par exemple la membrane Planova® 15N commercialisée par la Société Asahi Chemical Industry. Dans ce cas, le filtre est utilisé de préférence à une pression inférieure à 0,3 bar, avantageusement inférieure à 0,2 bar.

Différentes techniques de filtration peuvent être mises en oeuvre. Les techniques les plus courantes sont les techniques de filtration tangentielle ou de filtration frontale qui peuvent être mises en oeuvre avec les mêmes types de filtres.

La solution de facteur VIII de départ, préalablement purifiée, peut être préparée de différentes façons, par exemple, à partir d'une fraction plasmatique telle que la fraction cryoprécipitée du plasma, ou encore par voie recombinante. Toutes les conditions de préparation connues de l'homme du métier peuvent être utilisées. De manière non limitative, on peut citer les méthodes de purification suivantes permettant l'obtention d'une solution de facteur VIII pré-purifiée utilisable pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention :

. Chromatographie d'échange d'ions selon par exemple l'une des variantes décrites dans les brevets EP-B-359 593, EP 0 343 275, US 4 743 680, WO 97/17370 et EP 0 173 242.

. Chromatographie d'immunoaffinité par exemple selon l'une des variantes décrites dans les publications de demandes de brevet WO 97/39033, EP 0 286 323 ou dans le document Zimmerman et Fulcher, Thrombosis Res., Suppl. VII, p 58, 1987 ; Berntorp et Nilson, Thrombosis Res., Suppl. VII, p 60, 1987.

. Chromatographie de filtration sur gel en milieu dissociant ou non telle que décrite par P.J. Fay (P.J. Fay et al. Proc. Nat. Acad. Sci. USA vol 79 p 7200-7204, 1982).

. Chromatographie d'affinité sur héparine immobilisée telle que décrite dans la publication de demande de brevet WO 93/22337.

Typiquement, la purification par chromatographie d'échange d'ions à partir d'une fraction plasmatique telle que la fraction cryoprécipitée du plasma, comporte une étape d'inactivation virale permettant l'inactivation des virus enveloppés. On peut utiliser différents systèmes chromatographiques, les conditions d'adsorption puis d'élution de la fraction concentrée en facteur VIII pouvant ensuite avoir une influence sur les rendements ultérieurs du procédé. On peut faire varier la nature de la matrice et de l'échangeur d'ions. On peut ainsi mettre en oeuvre un système chromatographique d'échange d'ions faibles, tel que par exemple le gel Toso Haas Toyopearl-DEAE 650 M, ou encore un système chromatographique d'échange d'ions forts, tel que par exemple le gel Q-Sepharose Fast Flow (Pharmacia Biotech). Lorsque la solution de départ est préparée par purification par échange d'ions, elle contient une quantité significative de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire et l'étape a) est indispensable.

La dissociation de l'étape a) peut être effectuée en même temps que l'élution ou, suivant un autre aspect, postérieurement à l'élution. Une élution effectuée en présence d'un sel chaotrope a pour effet d'augmenter le rendement d'élution par rapport à une élution effectuée en présence d'un sel tel que NaCl, tout en assurant la dissociation, indispensable pour réaliser l'étape de filtration ultérieure dans les conditions requises.

Selon un mode de réalisation préféré, la solution concentrée de facteur VIII obtenue à l'issue de la purification par chromatographie d'échange d'ions est donc éluee dans les conditions dissociantes de l'étape a), c'est-à-dire en présence d'un ion chaotrope.

La purification préalable de la solution de facteur VIII de départ peut également être obtenue par une technique de précipitation à l'héparine. Dans ce cas, on adsorbe par exemple, une fraction cryoprécipitée du plasma sur un gel d'hydroxyde d'aluminium, en présence d'héparine, avec un refroidissement à 5 une température d'environ 14°C à environ 19°C et centrifugation. Une première étape d'inactivation virale, mise en oeuvre sur le surnageant de précipitation, peut être effectuée avantageusement par un traitement solvant-détergent tel que décrit dans la 10 publication européenne de brevet EP-A-0343275. Le surnageant de précipitation est alors ajusté en pH et osmolalité avant l'étape de chromatographie par échange d'ions.

Selon un autre mode de réalisation, la solution de facteur VIII de départ est obtenue par immunoaffinité. Dans ce 15 cas, la solution de départ peut être essentiellement dépourvue de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire. La mise en oeuvre de l'étape a) permettant la dissociation du complexe facteur VIII-vWF de haut poids moléculaire est alors optionnelle.

20 Enfin, on peut également envisager de partir d'une solution de facteur VIII recombinant, qui peut nécessiter une étape supplémentaire d'inactivation virale. Il ne sera pas nécessaire de mettre en oeuvre l'étape a).

De préférence, la solution de facteur VIII de départ aura 25 une activité spécifique au moins égale à 50 UI/mg, de préférence au moins égale à 100 UI/mg, la filtrabilité de la solution augmentant avec l'activité spécifique du facteur VIII.

L'activité spécifique telle qu'indiquée s'entend avant ajout éventuel d'albumine en vue de la stabilisation du 30 facteur VIII.

Plus particulièrement, on utilisera une solution de départ dans laquelle la concentration en facteur VIII : C est de environ 2 à environ 100 U/ml de préférence de environ 10 à environ 50 U/ml.

La teneur en protéines de la solution de facteur VIII de départ sera avantageusement de environ 0.05 à environ 0.5 mg/ml, de préférence de environ 0.1 à environ 0.5 mg/ml.

La teneur en protéines est déterminée par la technique de dosage des protéines de Bradford (trousse de dosage commercialisée par la société Pierce).

Une fois la filtration effectuée, les facteurs VIII et von Willebrand qui ont été filtrés, sont réassociés sous forme de complexes, après élimination des agents dissociants, par exemple par dialyse, et on récupère, éventuellement après une étape de lyophilisation, la solution de facteur VIII formulée pour une utilisation commerciale.

L'invention a également pour objet une solution de facteur VIII sécurisée viralement et essentiellement dépourvue de vWF de haut poids moléculaire susceptible d'être obtenue par le procédé selon l'invention.

Enfin, l'invention concerne les solutions obtenues selon l'invention à titre de médicament, plus particulièrement pour traiter l'hémophilie A.

L'invention sera décrite plus en détails à l'aide des exemples qui suivent, qui illustrent l'invention sans toutefois en limiter la portée. Les exemples sont accompagnés de la Figure 1 qui représente :

. Figure 1 : courbe qui met en évidence la variation de la filtrabilité du facteur VIII sur membrane Planova® 15 N en fonction de la pression appliquée au système. En abscisse, figure la pression exprimée en bars et en ordonnées, figure le rendement de filtration exprimé en pourcentage (rapport entre l'activité FVIIIIC exprimée en UI/ml du filtrat sur celle du produit de départ).

EXEMPLE 1 : Préparation d'une solution de facteur VIII par filtration à partir d'une fraction cryoprécipitée du plasma.

La préparation de la solution de facteur VIII de départ est effectuée conformément à l'enseignement du brevet FR 2 632 309 dont le contenu est ici incorporé par référence.

835 g de cryoprécipité représentant 113,5 litres de plasma sont ressolubilisés par agitation dans une solution d'eau héparinée (3UI/ml) à la température ambiante pendant 30 minutes. 4217 ml de solution riche en facteur VIII et en protéines sont clarifiés par adsorption sur 90 g de gel d'hydroxyde d'aluminium et par précipitation acide (pH 6,50) et abaissement de la température entre 15 et 19°C. Un précipité enrichi en fibrinogène et fibronectine est séparé par centrifugation, ce qui permet d'obtenir une solution limpide de facteur VIII de pureté intermédiaire qui est inactivée des virus enveloppés par addition de Polysorbate 80 et de Tri-n-butyl Phosphate (respectivement en solution q.s.p 1% et 0,3%) pendant au moins 6 heures à pH 7,1.

5172 ml de solution de facteur VIII viro-inactivée vis à vis des virus enveloppés sont adsorbés à 560 ml de gel de chromatographie d'échange d'anions faibles (TosoHaas Toyopearl-DEAE 650M) préalablement équilibré en solution saline tamponnée. Après 2 heures d'adsorption, le gel est lavé par une solution saline d'osmolalité 390 mOsm/Kg et tamponnée à pH 7,00. La fraction non adsorbée sur le gel est riche en fibrinogène. Le gel est ensuite élué d'une fraction enrichie en facteur von Willebrand par augmentation de l'osmolalité à 452 mOsm/Kg. La fraction concentrée de très haute pureté en facteur VIII est ensuite éluee par modification du pH à 6,0 et augmentation de la force ionique. La fraction éluee est ensuite ajustée en  $\text{CaCl}_2$  à une concentration de 0.35M et une osmolalité de  $1300 \pm 100$  mOsm/Kg. Cette fraction est constituée d'un mélange de facteur VIII et de facteur von Willebrand sous forme dissociée grâce à l'action de la forte teneur en calcium.

1260 ml de solution stable à +4°C sont réchauffés extemporanément à +35°C pour subir une étape d'élimination de virus par filtration à l'aide d'un filtre BMM Planova® 15N au seuil de porosité 15 nanomètres et ayant une surface de 0,12 m<sup>2</sup>.  
5 Le débit est maintenu au cours de la filtration de telle manière à ce que la pression transmembranaire soit toujours inférieure à 0,2 bar. Après filtration du facteur VIII, 210 ml de solution saline tamponnée d'osmolalité 1300 mOsm/Kg sont ensuite filtrés sur la membrane afin de récupérer 1470 ml de solution de  
10 facteur VIII exempte de virus pathogènes. La solution tampon permet d'équilibrer les filtres en osmolalité et pH et sert à rincer les filtres après filtration du facteur VIII. La solution de facteur VIII obtenue est appauvrie en facteur von Willebrand de très haut degré de polymérisation ( $\geq$  à 15) mais contient  
15 suffisamment de facteur von Willebrand de degré de polymérisation  $\geq$  à 5 et  $\geq$  à 10 pour recomplexer le facteur VIII après dialyse.

#### Résultats :

Le Tableau 1 indique aux différentes étapes du procédé  
20 selon l'invention les quantités de facteur VIII obtenues ainsi que l'activité spécifique (AS), la teneur en protéines et le rendement de l'étape en cause.

25

30

TABLEAU 1

	Volume (ml)	FVIII:C (UI/ml)	Protéines mg/ml	FVIII total (UI)	AS (UI/mg)	Rendement (%)
Solution éluée de chromatographie	1260	22	0,32	27720	69	100
Solution de facteur VIII filtrée à 15 nm	1470	12	0,14	17640	86	64
Solution dialysée et concentrée	149	108	1,13	16092	95	58,1

5      EXEMPLE 2 : Les conditions sont identiques à celles de  
 l'exemple 1 sauf que 10 000g de cryoprécipité représentant 1 330  
 litres de plasma sont mis en oeuvre. 13 700 ml de solution de  
 facteur VIII viro-inactivée vis à vis des virus enveloppés sont  
 filtrés. Après filtration du facteur VIII, 2 litres de solution  
 tampon, d'osmolalité 1300 mOsm/Kg sont filtrés afin de récupérer  
 10 15 700 ml de solution de facteur VIII exempte de virus  
 pathogènes. La membrane de filtration utilisée est une membrane  
 BMM Planova® 15N d'une surface de 1,0 m<sup>2</sup>.

Le Tableau 2 reproduit ci-après, indique pour une  
 filtration d'un équivalent 1330 litres de plasma, sur membrane  
 15 BMM Planova® 15N d'une surface de 1,0 m<sup>2</sup>, les quantités de  
 facteur VIII obtenues aux différentes étapes du procédé de  
 filtration ainsi que l'activité spécifique et le rendement de  
 l'étape en cause.



TABLEAU 2

	Volume (ml)	FVIII:C (UI/ml)	Protéines mg/ml	FVIII total (UI)	AS (UI/mg)	Rendement (%)
Solution éluee de chromatographie	13700	15,0	0,09	205500	167	100
Solution de facteur VIII filtrée à 15 nm	15700	7,9	0,045	124030	176	60,3
Solution dialysée et concentrée	956	119	0,72	113764	165	55,5

EXEMPLE 3 : Préparation d'une solution de facteur VIII par  
5 filtration à partir d'une fraction issue d'un cryoprécipité du  
plasma et pré-purifiée par précipitation à l'héparine.

La préparation de la solution de facteur VIII de départ est  
effectuée conformément à l'enseignement du brevet US 4 743 680  
dont le contenu est incorporé par référence.

10 678g de cryoprécipité représentant 92,2 litres de plasma  
sont ressolubilisés par agitation dans une solution d'eau  
héparinée (3UI/ml) à la température ambiante pendant 30 minutes.  
3424 ml de solution riche en facteur VIII et en protéines sont  
clarifiés comme dans l'Exemple 1.

15 4200 ml de solution de facteur VIII viro-inactivée vis à  
vis des virus enveloppés dans les mêmes conditions que l'Exemple  
1, sont adsorbés après acidification à pH 6,50 à 300 ml de gel  
de chromatographie d'échange d'anions forts (Pharmacia Biotech  
Q-Sepharose Fast Flow) préalablement équilibré en solution  
20 saline tamponnée. Après 2 heures 30 minutes d'adsorption, le gel  
est lavé par une solution saline d'osmolalité 450 mOsm/Kg et  
tamponnée à pH 6,50. La fraction non adsorbée sur le gel est  
riche en fibrinogène. Le gel est ensuite élué d'une fraction

enrichie en facteur von Willebrand par augmentation de l'osmolalité à 581 mOsm/Kg. La fraction concentrée de très haute pureté en facteur VIII est ensuite éluée par modification du pH à 6,0 et augmentation de la force ionique. La fraction éluée est  
5 ajustée en  $\text{CaCl}_2$  à une concentration de 0.35M et une osmolalité de  $1300 \pm 100$  mOsm/Kg. Cette fraction est constituée d'un mélange de facteur VIII et de facteur von Willebrand sous forme dissociée grâce à l'action de la forte teneur en calcium.

1280 ml de solution stable à  $+4^\circ\text{C}$  sont réchauffés  
10 extemporanément à  $+35^\circ\text{C}$  pour subir une étape d'élimination de virus par filtration de la même façon que dans l'Exemple 1 sur une membrane Planova 15N au seuil de porosité 15 nanomètres et ayant une surface de  $0,12 \text{ m}^2$ . Un volume de 180 ml de solution tampon d'osmolalité 1300 mOsm/Kg est ensuite filtré afin de  
15 récupérer 1460 ml de solution de facteur VIII exempte de virus pathogènes. Cette solution de facteur VIII est appauvrie en facteur von Willebrand de très haut degré de polymérisation ( $\geq 15$ ) mais contient suffisamment de facteur von Willebrand de degré de polymérisation  $\geq 5$  et  $\geq 10$  pour recomplexer le  
20 facteur VIII après dialyse.

#### Résultats :

Le Tableau 3 reproduit ci-après, indique aux différentes étapes du procédé de filtration, les quantités de facteur VIII obtenues, la quantité totale de protéines ainsi que l'activité  
25 spécifique (AS) et le rendement de l'étape en cause.

TABLEAU 3

	Volume (ml)	FVIII:C (UI/ml)	FVIII total (UI)	Protéines mg/ml	AS (UI/mg)	Rendement (%)
Solution éluée de chromatographie	1280	19	24320	0,20	95	100
Solution de facteur VIII filtrée à 15 nm	1460	13	18980	0,12	108	78
Solution dialysée et concentrée	164	92	15088	0,95	97	62

Exemple 4 : Variation de la filtrabilité d'une solution de  
5 facteur VIII sur une membrane Planova® 15 N en fonction de la  
nature et de la concentration des sels utilisés pour la  
dissociation.

Résultats :

Le Tableau 4 reproduit ci-après, met en évidence les  
10 variations du rendement de filtration en fonction de ces  
différents paramètres, les autres conditions opératoires du  
procédé demeurant celles définies à l'exemple 1.

TABLEAU 4

Agent dissociant (M)	Rendement de Filtration (%)
CaCl <sub>2</sub> 0,35 M	45
NaCl 0,35 M	10
NaCl 1,0 M	26

L'utilisation d'agents dissociants permet d'augmenter de façon significative la filtrabilité du facteur VIII. L'élimination de ces agents par dialyse après filtration induit une réassociation des complexes facteur VIII - facteur von Willebrand. L'analyse des produits obtenus met en évidence une bonne capacité du facteur von Willebrand à fixer le facteur VIII.

Exemple 5 : Variation de la filtrabilité d'une solution de facteur VIII sur une membrane Planova® 15 N en fonction des paramètres de température et pression.

Le Tableau 5 reproduit ci-après, indique, le sel utilisé pour la dissociation et sa concentration demeurant inchangés, le rendement de filtration obtenu en faisant varier la pression et la température. Lorsque la température est abaissée, pour une pression donnée, on observe une diminution significative du rendement de filtration.

La Figure 1 met en outre clairement en évidence que l'abaissement de la pression transmembranaire à des valeurs très faibles permet une amélioration considérable du rendement.

TABLEAU 5

Agent dissociant	Pression (bar)	Température (°C)	Rendement de filtration (%)
CaCl <sub>2</sub> 0,35M	≤ 0,10	35 ± 2	70
CaCl <sub>2</sub> 0,35M	≤ 0,20	35 ± 2	58
CaCl <sub>2</sub> 0,35M	0,50	35 ± 2	45
CaCl <sub>2</sub> 0,35M	≤ 0,20	20 ± 2	42

Exemple 6 : Etude de la capacité de rétention virale du système de filtration dans les conditions de filtration de l'exemple 1.

On utilise comme modèle viral le phage ø x 174 dont la taille peut être évaluée à 25-30 nm. La membrane et les conditions opératoires sont celles décrites aux Exemples 1 et 2.

Résultats :

Les résultats contenus dans le Tableau 6 ci-après mettent en évidence une capacité de rétention virale tout à fait satisfaisante.

TABLEAU 6

	Surface de filtration (m <sup>2</sup> )	FVIII:C (UI/ml)	Volume filtré (l/m <sup>2</sup> )	Charge Virale (log)	Rétention Virale (log)
Exemple 1	0,01	15	14	8,3	>6,8
Exemple 2	0,01	19	15	7,5	>7,0

EXEMPLE 7 : Effet du procédé selon l'invention sur la teneur en vWF dans la solution de facteur VIII.

On a comparé la teneur en vWF ainsi que le profil des multimères de vWF sur une solution de facteur VIII telle que décrite à l'exemple 1, avant et après la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Les résultats obtenus sont reportés au Tableau 7 ci-après.

TABLEAU 7

	Avant filtration	Après filtration
FVIII (UI/ml)	17	7,9
vWF (UI/ml)	5,6	0,39
vWF / FVIII	0,33	0,05
multimères de vWF $\geq 15$	12 %	-
multimères de vWF $\geq 10$	32,4 %	3,3 %
multimères de vWF $\geq 5$	71,5 %	35,6 %

Ainsi, la mise en oeuvre du procédé selon l'invention permet bien d'obtenir une solution de facteur VIII essentiellement dépourvue de vWF à haut poids moléculaire, notamment essentiellement dépourvue des formules multimériques avec un degré de polymérisation  $\geq 15$ .

## REVENDICATIONS

1. Procédé de préparation par filtration d'une solution de facteur VIII sécurisée viralement et essentiellement dépourvue de vWF de haut poids moléculaire, selon lequel :
- 5     - on prépare une solution contenant du facteur VIII de haute ou très haute pureté contenant ou essentiellement dépourvue de complexes de haut poids moléculaire facteur VIII-vWF ;
- 10     - on met en oeuvre de façon optionnelle, une étape a) permettant, si nécessaire, la dissociation des complexes de haut poids moléculaire facteur VIII-vWF et l'obtention d'une solution essentiellement dépourvue de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire ;
- 15     - on met en oeuvre une étape b) de filtration de ladite solution essentiellement dépourvue de facteur VIII associé à du vWF de haut poids moléculaire sur un filtre hydrophile ayant une porosité aussi faible que 15nm.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de dissociation est réalisée au moyen d'un ion chaotrope en quantité suffisante pour permettre la dissociation.
- 20     3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit ion chaotrope est un ion divalent.
- 25     4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit ion divalent est l'ion  $\text{Ca}^{2+}$ .
5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ledit ion divalent est ajouté sous forme d'une solution saline de 0.2 M à saturation des sels.
- 30     6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que ladite solution est une solution de  $\text{CaCl}_2$ .
7. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que ledit ion  $\text{Ca}^{2+}$  est ajouté sous forme d'une solution  $\text{CaCl}_2$ , 0.35 M à saturation.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'étape b) est effectuée à une pression inférieure au seuil des recommandations préconisées par le fournisseur.

5 9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit filtre est une membrane Planova® 15 N utilisé à une pression inférieure à 0,3 bar, de préférence inférieure à 0,2 bar.

10 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape b) est effectuée à une température de l'ordre de  $35 \pm 5^\circ\text{C}$ .

15 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la solution de départ est obtenue par purification d'une fraction plasmatique, notamment la fraction cryoprécipitée du plasma, par chromatographie d'échange d'ions.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la fraction concentrée de facteur VIII obtenue à l'issue de la purification par chromatographie d'échange d'ions est éluee dans les conditions dissociantes de l'étape a).

20 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la solution de facteur VIII de départ est obtenue par pré-purification d'une fraction plasmatique, notamment la fraction cryoprécipitée du plasma, par précipitation à l'héparine.

25 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la solution de facteur VIII de départ est partiellement inactivée viralement par traitement solvant-détergent.

30 15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la solution de facteur VIII de départ comprend du facteur VIII immunopurifié.

16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la solution de facteur VIII de départ comprend du facteur VIII recombinant.



17. Procédé selon l'une des revendication 1 à 16, caractérisé en ce que le facteur VIII dans la solution de départ a une activité spécifique au moins égale à 50 UI/mg, de préférence au moins égale à 100 UI/mg.

5 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que la concentration en facteur VIII C de la solution de facteur VIII de départ est de environ 2 à environ 100 U/ml, de préférence de environ 10 à environ 50 U/ml.

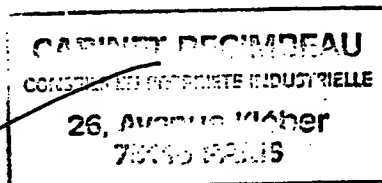
10 19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que la teneur en protéines de la solution de facteur VIII de départ est de environ 0.05 à environ 0.5 mg/ml, de préférence de environ 0.1 à environ 0.5 mg/ml.

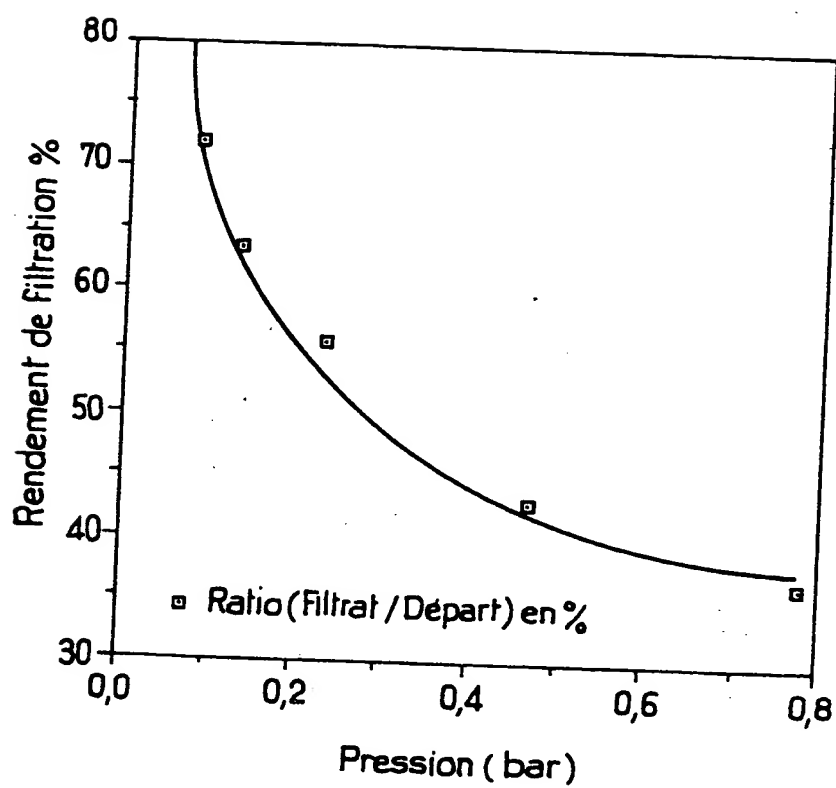
15 20. Solution de facteur VIII sécurisée viralement susceptible d'être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 19.

21. Solution selon la revendication 20, à titre de médicament.

22. Solution selon la revendication 20, à titre de médicament pour le traitement de l'hémophilie A.

ORIGINAL



FIG.1